

COPIA OFICIAL  
CONVENIO DE PARIS  
-Lisboa 1958-

REPUBLICA



ARGENTINA

*Ministerio de Economía  
y Obras y Servicios Públicos  
Instituto Nacional de la Propiedad Industrial*

JC857 U.S. PTO  
09/985989



Handwritten: #5, 4/22/03

## CERTIFICADO DE DEPOSITO

Acta N° P00 01 05900

El Comisario de la Administración Nacional de Patentes, certifica que con fecha 09 de NOVIEMBRE de 2000 se presentó a nombre de BARON MÁXIMO. CON DOMICILIO EN CAPITAL FEDERAL. REPÚBLICA ARGENTINA.

una solicitud de Patente de Invención relativa a "CIRCUITO OSCILADOR PARA DETERMINAR LA PUREZA DE LÍQUIDOS, PUROS O MULTI-COMPONENTES A PARTIR DE SU PERMITIVIDAD DIELECTRICA, EN FORMA CONTINUA Y POR VARIACIÓN DE FRECUENCIA EN LA REGIÓN DE PERMITIVIDAD ESTÁTICA, Y PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN ASOCIADO."

cuya descripción y dibujo s adjuntos son copia fiel de la documentación depositada en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial.

Se certifica que lo anexado a continuación en TREINTA Y CINCO fojas es copia fiel de los registros de la Administración Nacional de Patentes de la República Argentina de los documentos de la solicitud de Patentes de Invención precedentemente identificada.

A PEDIDO DEL SOLICITANTE Y DE CONFORMIDAD CON LO ESTABLECIDO EN LA CONVENCION DE PARIS (LISBOA 1958), APROBADO POR LEY 17.011, EXPIDO LA PRESENTE CONSTANCIA DE DEPOSITO EN BUENOS AIRES, REPUBLICA ARGENTINA, al LOS 24 DIAS DEL MES DE OCTUBRE DEL 2001.

Ing. LUIS M. NOGUES  
COMISARI  
Administración Nacional de Patentes



# MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA PATENTE DE INVENCION

**SOBRE .**

"CIRCUITO OSCILADOR PARA DETERMINAR LA PUREZA DE LÍQUIDOS, PUROS O MULTI-COMPONENTES A PARTIR DE SU PERMITIVIDAD DIELECTRICA, EN FORMA CONTINUA Y POR VARIACIÓN DE FRECUENCIA EN LA REGIÓN DE PERMITIVIDAD ESTÁTICA, Y PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN ASOCIADO"

**SOLICITADA POR :**

BARON, Máximo

**CON DOMICILIO EN :**

(ARGENTINA)

**POR EL PLAZO DE ..... VEINTE ..... AÑOS**



La presente invención se refiere a un circuito oscilador para determinar la pureza de líquidos, puros o multi-componentes a partir de su permitividad dieléctrica, en forma continua y por variación de frecuencia en la región de permitividad estática y al procedimiento de medición asociado.

Más precisamente se refiere a un oscilador para determinar de manera continua el grado de coincidencia de la composición global de un líquido puro o constituido por una mezcla de dos o más componentes con un patrón previamente establecido, mediante el empleo de un circuito oscilador de alta sensibilidad que contenga una celda capacitiva.

Para ello se basa en mediciones de permitividad dieléctrica (denominada *constante dieléctrica* hasta la resolución tomada al respecto por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, según consta en la segunda edición de *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry* publicado en 1993 y cuya versión castellana, oficialmente autorizada, con el nombre de *Magnitudes, Unidades y Símbolos en Química Física*, se publicó en Madrid en 1999), teniendo en cuenta que es una de las propiedades físicas más sensibles a cambios en la composición de los líquidos.

#### Breve descripción del arte previo

La verificación y el seguimiento en forma continua de la composición global de un líquido, tanto puro como multi-componente, durante

un proceso de elaboración, al final del mismo y antes del empleo al que está destinado, constituye uno de los problemas tecnológicos más importantes. Sobre todo porque con mucha frecuencia no se requiere un conocimiento muy detallado de su composición sino solamente si cumple o no con las características de un patrón, generalmente físico, previamente establecido.

En estas condiciones los osciladores que comprenden la toma de una muestra y su análisis posterior en un lugar, cercano o no, al de la línea de producción, no son adecuados porque implican ya sea la interrupción del proceso hasta tener la respuesta o correr el riesgo de que un producto, que no cumple con las especificaciones, continúe en el proceso o sea utilizado en su aplicación final.

Este es el caso típico de solventes, combustibles líquidos, líquidos lubricantes, fluidos para transformadores y líquidos aislantes en general.

Como es sabido, la permitividad de una sustancia cualesquiera se obtiene a partir de mediciones en capacitores comparando sus capacidades en vacío con la sustancia a estudiar, de acuerdo con la siguiente igualdad:

$$\epsilon = C_{II} / C_v$$

donde  $\epsilon$  es la permitividad,  $C_{II}$  y  $C_v$  son respectivamente las capacidades del capacitor lleno y vacío. En realidad este último valor corresponde al capacitor con aire ya que a los efectos prácticos no existe una diferencia importante entre la permitividad del vacío, que se toma como la unidad, y la del



aire atmosférico en condiciones normales de temperatura y presión que es de  $\epsilon = 1,00059$ .

Para determinar estas capacidades se emplean, entre otros, circuitos oscilantes del tipo RLC, LC o RC cuyas frecuencias de oscilación varían desde las fracciones de Hertz hasta los Gigahertz, decididamente en la región de las microondas.

De acuerdo con el rango de frecuencias en que se mide la permitividad, se la puede dividir en dos clases bien diferenciadas: la permitividad estática y la permitividad compleja. La permitividad estática se mide a frecuencias que nunca superan los 5 MHz, aunque generalmente se trabaja a no más de 1 MHz. Estos valores dependen del tamaño de las moléculas de las sustancias en estudio por cuanto de ellas depende la capacidad de "seguir" las oscilaciones del campo eléctrico aplicado. Es decir que en un gráfico de permitividad en función de la frecuencia, la primera región (0 Hz a ~5MHz) estará representada por una recta paralela al eje de las abscisas (frecuencias). Pasado este límite la permitividad se convierte en compleja por ser el resultado de la suma de dos componentes, uno real y otro imaginario, por cuanto la frecuencia de oscilación de la molécula va sufriendo un atraso progresivo en su fase con respecto a la frecuencia de oscilación del campo eléctrico aplicado. Este fenómeno recibe el nombre de relajación que a su vez es la característica fundamental de esta región



del espectro de frecuencias y su amplitud varía considerablemente de acuerdo con el tamaño de las moléculas en cuestión.

Tanto la teoría, como los osciladores para ambos tipos de permitividad son totalmente distintos. En general los primeros (permitividad estática) son mucho más sencillos y accesibles que los segundos (permitividad compleja). De todas maneras ambos tienen campos de aplicación muy importantes y amplios que varían de acuerdo con las características de los problemas que se quieran resolver.

La ventajas más importantes de las mediciones de permitividad estática son: la evidente independencia de la frecuencia de oscilación con la consiguiente facilidad para reproducir los valores de medición, la escasa influencia de las capacidades residuales (que surgen de los cables, conexiones y eventuales zonas vacías del capacitor) y la precisión y sensibilidad elevadas que se pueden alcanzar con los modernos circuitos a base de componentes electrónicos integrados. Esto no ocurre con la permitividad compleja por cuanto no se han podido lograr mediciones de la misma calidad.

Esto último surge del hecho muy bien conocido que mientras que con las mediciones de permitividad compleja y relajación, en general, no es posible obtener resultados que aseguren más allá de segunda cifra decimal, en las mediciones de permitividad estática se puede llegar a la cuarta cifra decimal sin



dificultades.

La permitividad estática resulta ser así un parámetro ideal para establecer características macroscópicas de sustancias (especialmente fluidos) y compararlas con patrones apropiados preestablecidos.

Hasta ahora los procedimientos conocidos, que brindan estos resultados, se basan en mediciones de circuitos electrónicos del tipo RLC en los que la capacidad (C) está constituida por un conjunto en serie de: una celda de medición, un capacitor patrón y un capacitor micrométrico. Esto resulta adecuado para mediciones discontinuas y aunque su sensibilidad y precisión son aceptables, los capacitores patrón y micrométrico, al ser elementos mecánicos, son una fuente importante de dificultades, como ser : inercia mecánica, sensibilidad a la temperatura ambiente, complejidad en las conexiones que requieren una rigidez difícil de obtener (cualquier movimiento durante el proceso de medición altera sensiblemente los resultados), la imposibilidad de encarar cualquier tipo de automatización o de registro continuo, impidiendo de esta manera el empleo de computadoras y la necesidad de efectuar varias mediciones de capacidad antes de poder calcular la permitividad deseada.

Con respecto a esto último es necesario tener en cuenta y repasar brevemente la forma de efectuar las mediciones, por lo que puede llamarse la vía tradicional, es decir mediante el empleo de capacitores por el llamado método de



### sustitución.

Como ya quedó dicho se emplea un oscilador cuya capacidad está constituida por tres capacitores en paralelo y que son:

- una celda de mediciones,
- un capacitor patrón, donde se emplean los disponibles en el comercio como por ejemplo el de marca General Radio (aunque cualquier otro de características similares es igualmente útil). Estos capacitores tienen una escala que abarca desde los 150 hasta los 1000 picofaradios (pF) y tienen una sensibilidad de 0,5 pF, y
- un capacitor micrométrico, que está constituido por un tornillo micrométrico, del tipo de los calibres, cuyo vástago de 3 a 4 cm puede ser introducido en un cilindro de bronce cuyo diámetro interior se tornea de forma tal que con el diámetro exterior del vástago se logre un capacitor de 2 pF para un recorrido de 20 divisiones del tornillo,

En términos generales, el método de sustitución comprende los pasos de:

- determinar la capacidad del circuito sin el conjunto de los tres capacitores mencionados,
- determinar la capacidad de la celda vacía restándole el valor de la llamada capacidad residual, que es la que corresponde a la parte de la celda



que no estará en contacto con el líquido a estudiar y todas las conexiones que llevan hasta el oscilador, y

- determinar la capacidad de la celda con el dieléctrico.

Los instrumentos empleados comprenden dos osciladores: uno fijo a cristal cuya frecuencia se elige entre los 100 y los 500 kHz, según las disponibilidades en cuanto a estabilidad. En este sentido se prefieren los de frecuencia más baja (100 kHz) porque son mucho menos sensibles a los cambios de temperatura ambiente y por lo tanto ocupan menos espacio al no requerir de una cámara térmica, como en el caso de los de frecuencia más elevada (500 kHz). El otro oscilador es variable ya que su frecuencia de oscilación depende, esencialmente, de la capacidad de la batería de los tres capacitores en paralelo ya mencionados. El procedimiento se basa esencialmente en lograr que el oscilador variable oscile a una frecuencia muy cercana a la del oscilador fijo de tal manera que su diferencia tenga valores enteros que se puedan comparar con alguna señal de frecuencia bien conocida y muy estable.

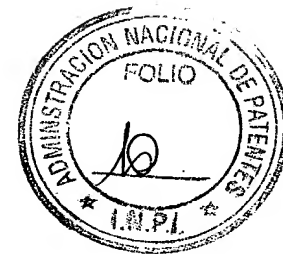
Aunque esto parezca extremadamente complejo es por demás sencillo ya que se busca que la diferencia entre ambas frecuencias sea de 50 Hz o un múltiplo entero de este valor. Esta señal se puede entregar al registro horizontal de un osciloscopio, cuyo registro vertical se alimenta con una señal de 50 Hz de la corriente de línea. La alimentación puede ser exactamente la inversa



ya que en ambos casos el resultado es el mismo, por cuanto lo que se obtiene es una figura de Lissajous cuya forma varía de acuerdo con la multiplicidad de la señal del oscilador variable. En efecto, si ambas señales son de 50 Hz la figura que se obtiene es la de una circunferencia, que estará tanto más inmóvil cuanto más se acerquen ambos valores. Si la diferencia de frecuencias entre ambos osciladores es de 100 kHz, la figura que se obtiene es la que corresponde a la relación 2:1. Esta es la preferida por cuanto resulta la más cómoda para observar.

El procedimiento de medición comprende entonces los siguientes pasos:

- . poner en cero la escala del capacitor micrométrico,
- . desconectar la batería de capacitores del oscilador, y
- . determinar la capacidad propia del oscilador llevando el dial de capacitor patrón al valor de capacidad entero más cercano al que de la figura de Lissajous elegida. Para esto se busca la manera de enfrentar las marcas sobre el dial fijo y el móvil siempre de la misma manera. Si son del mismo ancho, se hacen coincidir los bordes, si no lo son se elige cualquier alternativa que se mantiene inalterada en todas las mediciones ya que una diferencia puede alterar apreciablemente los valores obtenidos. Con el tornillo micrométrico se ajusta la capacidad hasta obtener que la figura de Lissajous deseada quede absolutamente inmóvil. De esta manera se puede obtener un valor hasta con milésimas de pF.



Leyendo los dos valores de capacidad, se resta la segunda de la primera y a este valor se le resta la capacidad residual y se obtiene la capacidad de la celda vacía. Es decir, estrictamente la capacidad de la parte de la celda que va a recibir el dieléctrico a estudiar. Para obtener la capacidad residual se procede como se indicará un poco más abajo.

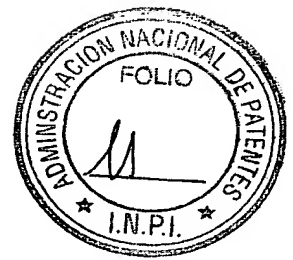
De hecho lo que se hizo con esta operación fue sustituir la capacidad de la celda mediante el capacitor patrón y el micrométrico. Este es el origen del nombre de sustitución:

. se introduce el líquido a estudiar en la celda (el llenado se controla por desborde) y se vuelve a medir la capacidad de la misma manera que en el caso de la celda vacía,

. se desconecta la celda y se vuelve a medir la capacidad del oscilador. Este valor debe diferir del primero obtenido en menos de 0,03 pF. Este valor fue determinado experimentalmente como el límite superior para obtener valores de permitividad con un error menor que una dismilésima, es decir con cuatro cifras decimales exactas,

. se resta la capacidad medida con la celda llena del valor obtenido al final para el oscilador y a la diferencia se le resta la capacidad residual,

. se divide la capacidad de la celda llena ( $C_{II}$ ) por la de la capacidad de la celda vacía ( $C_v$ ) y se obtiene el valor de la permitividad ( $\epsilon$ ),



se determina la capacidad residual de igual manera, con la excepción de que se utiliza un líquido cuya permitividad es perfectamente conocida y se despeja el valor de la capacidad de la ecuación que la contiene en la que el valor de  $\epsilon$  del patrón utilizado figura como dato. Con este fin se puede usar benceno o tetracloruro de carbono, ya que ambos pueden ser purificados sin grandes dificultades hasta valores del 100%, si se los conserva bajo un manto de nitrógeno puro y seco.

En toda la descripción anterior resulta evidente el elevado número de operaciones mecánicas que se deben realizar, con la consiguiente acumulación de problemas de inercia, además de la necesidad de tener que estimar visualmente la coincidencia de líneas en los diales de dos capacitores.

Se está así frente a la situación en la que recursos en constante avance y perfeccionamiento como lo son los circuitos electrónicos, están sujetos a los inconvenientes y problemas que surgen de elementos mecánicos cuyas características esenciales no han variado en décadas. En este sentido es típico el caso de los capacitores patrón que actualmente se fabrican con materiales de excelentes cualidades, son sólidos y confiables pero no por ello dejan de ser instrumentos mecánicos. Aún así es posible construir sin dificultades, como se acaba de describir, osciladores que permiten obtener valores de permitividad estática con cuatro cifras decimales exactas y un error en la quinta cifra.



Es pues evidente que la solución a estos problemas está en la vía totalmente electrónica de efectuar las mediciones.

En el caso de la permitividad compleja el problema de la automatización, fue encarado con éxito al lograrse procedimientos que permiten obtener resultados haciendo un barrido en frecuencia desde el límite inferior (aun en la zona estática) hasta bien entradas las microondas. Hasta tal punto esto es así que existen desde hace tiempo osciladores comerciales de varios orígenes y características. Solo que, lamentablemente de ninguna manera se puede lograr la sensibilidad que se obtiene con mediciones de permitividad estática.

Este es el caso de la patente GB 23006660 que describe un método y un oscilador para la determinación de la presencia de productos de descomposición, en cantidades importantes, en líquidos para frenos a través del método de permitividad compleja. El circuito allí divulgado provee un primer valor que depende de la parte imaginaria y un segundo valor que depende de la parte real de dicha permitividad. El oscilador permite un monitoreo periódico o continuo y, mediante el volumen o la frecuencia de una señal audible, que puede incorporarse al circuito, se obtiene la permitividad del fluido. Sin embargo, es necesario tener muy en cuenta que no se efectúa ninguna medición sino que se establece un valor en virtud de la variación masiva en la composición por la presencia de productos de descomposición.

Otro tipo de osciladores para determinar permitividad compleja en fluidos se muestra en la patente US 5677631, que divulga un sensor de flujo del tipo guía de onda coaxil de dos puertos, especialmente adaptado para determinar variables en fluidos y su estado en caso de altas temperaturas en los pozos de perforación. Dicho sensor transmite señales de radiofrecuencia en el modo transversal eléctrico (TEM) a través de fluidos de pozo que fluyen por una cavidad longitudinal de la guía de onda. Nuevamente, al igual que en el caso anterior se trata de establecer variaciones importantes en la composición para las que no se requiere de una gran sensibilidad.

La patente DE4004192 divulga un sensor de medición de la cantidad de agua que contamina al líquido de freno. Utiliza dos anillos de medición montados en plástico para formar así un capacitor que utiliza el líquido de freno como dieléctrico. De esta manera midiendo la variación de la constante dieléctrica causada por la presencia de agua es posible determinar los niveles de contaminación no aceptados. Utiliza, también, una resistencia integrada al sensor para compensar las variaciones de temperatura. Nuevamente solamente establece variaciones en la composición del dieléctrico sin gran sensibilidad, a modo de advertencia.

Algo similar se observa en la patente US5125265 donde se observa un conversor de capacidad a frecuencia y de frecuencia a voltaje y un

disparador Schmidt para proveer primeras y segundas señales de control. El oscilador de la presente solicitud es operable con al menos dos o más fluidos o materiales con constantes dieléctricas distintas ya sean inmiscibles o miscibles.

Es decir que mediante estos sistemas de ninguna manera se podría determinar en forma continua, con alta sensibilidad y con precisión, la presencia de contaminantes que, independientemente de su concentración, solamente modifican ligeramente la permitividad del producto.

Si bien se han hecho algunos intentos en el caso de la permitividad estática [pueden verse los trabajos de A. Bonilla y B. Vasos, *Journal of Chemical Education* 54(2), 130 (1977) y R. Kurz, O. T. Anderson y B. R. Willeford, Jr. *Journal of Chemical Education* 54(3), 181 (1977)] los resultados, aunque interesantes, distan mucho de proveer un procedimiento útil para resolver los problemas de precisión y sensibilidad que se presentan en aplicaciones prácticas.

El problema será entonces encontrar un oscilador que se base exclusivamente en la medición de las capacidades de un capacitor, utilizado como celda, a partir de variaciones en la frecuencia de un oscilador, en la región de la permitividad estática sin la presencia de los capacitores patrón y micrométrico. Esto significa trabajar a frecuencias suficientemente bajas como para que no sean afectadas por fenómenos de relajación y que permita determinar la permitividad



estática de manera automática y con la suficiente sensibilidad como para detectar la presencia de contaminantes con permitividades semejantes a la del fluido o en proporciones muy chicas.

### Objeto de la invención

Por lo tanto el objetivo de la presente invención es la de proveer un circuito tipo RLC para la medición de la frecuencia en la región estática de un oscilador electrónico conectado a una celda de medición que es atravesada por un líquido cuya permitividad se desea conocer.

Aún otro objetivo es utilizar una celda de medición estándar sin capacitor patrón ni micrométrico y con una inductancia adecuada.

Aún otro objetivo es emplear un circuito oscilador muy estable, cuya frecuencia de oscilación se mantenga constante durante lapsos suficientemente prolongados como para permitir medidas de alta precisión.

Aún otro objetivo es utilizar una celda rígida y de dimensiones adecuadas, fácil de conectar y desconectar, y con un adecuado control de la temperatura.

Aún otro objetivo es que la celda tenga una capacidad eléctrica suficiente como para garantizar mediciones de alta sensibilidad.

Aún otro objetivo es que el control de la temperatura pueda depender de una adecuada termostatación o del simple conocimiento de la





temperatura de medición.

Aún otro objetivo es obtener un procedimiento para determinar la permitividad de un líquido ubicado en la celda de medición a partir de los valores de capacidad eléctrica calculados con los valores de las frecuencias medidas en el oscilador.

Aún otro objetivo es la obtención de permitividades directamente a partir de los valores de las frecuencias medidas sobre la celda llena y vacía, teniendo en cuenta previamente el valor de la frecuencia que corresponde a la capacidad residual.

Tal como queda descripto, el circuito oscilador y el procedimiento de la presente invención están centrados en la nueva disposición electrónica para determinar valores absolutos de permitividades dieléctricas en tiempo real y en forma continua con alto grado de sensibilidad y precisión. Para lograrlo es necesario obtener un circuito electrónico de gran estabilidad, que opere dentro del rango de frecuencias en el que no se produzcan fenómenos de relajación, es decir por debajo de 1 MHz y de preferencia entre 10 y 200 KHz y cuyas variaciones en la frecuencia de oscilación sean lo suficientemente amplias como para garantizar una adecuada sensibilidad en las mediciones.

La invención será mejor comprendida referida a los dibujos, en los que:

La figura 1 muestra un circuito oscilador conocido utilizado para permitividad estática como RLC, donde la capacidad del mismo está dado por tres capacitores en paralelo: la celda de medición, el capacitor patrón y el capacitor micrométrico (Rev. Sci. Instrum. 67(4), 3067-8 (1996)).

La figura 2 muestra el circuito del oscilador de la presente invención sin capacitor patrón ni micrométrico.

La figura 3 muestra diferentes estructuras de celda de medición: por placas paralelas planas (A), por dos cilindros coaxiales (B) y por tres cilindros coaxiales (C).

La figura 4 muestra un esquema de conexión de los distintos componentes utilizados para la determinación de la permitividad dieléctrica de un fluido.

### Descripción detallada de la invención

En base a los argumentos antes citados es necesario disponer de un recurso teórico para calcular, en un circuito, capacidades en función de frecuencias. Este recurso existe y no es otro que la conocida fórmula de Thomson:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

donde  $f$  es la frecuencia de oscilación del circuito,  $L$  su inductancia y  $C$  su capacidad.

Sin embargo la fórmula de Thomson implica el cálculo de capacidades que si bien puede simplificarse mediante el uso de computadoras, introduce una fuente de error al incrementar el número de operaciones, que es necesario evitar.

La posibilidad de efectuar estas mediciones en forma automática y de manera continua requiere de un oscilador de gran estabilidad que pueda ser conectado a un frecuencímetro mediante una salida RS232, es decir que pueda ser conectado a una computadora.

Anteriormente el circuito utilizado para mediciones de permitividad estática no permitía realizar mediciones continuas ya que, debido al método de sustitución ya explicado, la automatización era imposible.

Múltiples ensayos con una variedad de diseños en circuitos llevaron a encontrar el que se describe en la Figura 2 para llevar a cabo mediciones del valor de permitividad eléctrica de fluidos en forma continua sin los impedimentos mecánicos descriptos. Este nuevo circuito surgió de observar que en la parte capacitiva del oscilador de la Figura 1 formada por los capacitores conectados en paralelo:  $C_{\text{patrón}}$ ,  $C_{\text{micrométrico}}$  y  $C_{\text{celda}}$ , era necesario eliminar los dos primeros e introducir una modificación en la inductancia  $L$  de manera de obtener un oscilador capaz de oscilar en los valores de frecuencia deseados, es decir entre 10 y 200 kHz y preferentemente a  $100 \pm 50$  kHz y en forma automática. Dicho circuito está constituido por los siguientes elementos indicados en la Tabla que figura a continuación:

**Tabla de valores para los componentes del circuito de la invención:**

No	Símbolo	Componente	Tipo
1	B1	Inductancia	
2	Q1	Transistor Si	PNP 557
3	Q2	Transistor Si	NPN547
4	Q3	Doble compuerta	3N 201
5	D1	Diodo Si Rf	
6	D2	BAY 45 Si	
7	R1	10 kW	1,8 watt
8	R2	39 kW	1,8 watt
9	R3	3,3 kW	1,8 watt
10	R4	22 kW	1,8 watt
11	R5	10 kW	1,8 watt
12	R6	470 kW	1,8 watt
13	R7	510 kW	1,8 watt
14	R8	82 kW	1,8 watt
15	R9	22 kW	1,8 watt
16	R10	2,2 kW	1,8 watt
17	R11	1 kW	1,8 watt
18	R12	Trimmer	
19	R13	Variable	
20	C1	0,1 mf 50 V	
21	C2	Variable	
22	C3	0,5 mf 50 V	
23	C4	0,1 mf 50 V	
24	C5	0,5 mf 50 V	

Estos elementos se distribuyen, de acuerdo con el esquema de la Figura 2 en un circuito impreso, obtenido a través de un procedimiento estándar, generando así el oscilador de la presente invención.

Para lograr una frecuencia dentro del rango deseado, el principal problema a resolver es, entonces, el de la inductancia B1, cuyo valor

debe ser calculado en función de las permitividades a determinar. Este cálculo se efectúa a partir de los datos que se encuentran en cualquier manual de componentes electrónicos, por ejemplo el manual de la empresa Siemens Components. Technical Descriptions and Characteristics for Students, Ed. De 1986 y posteriores, pag. 598 y ss. Como la mayoría de los líquidos industriales, salvo los alcoholes y las soluciones acuosas, es decir hidrocarburos y sus derivados clorados, ésteres y éteres alifáticos y aromáticos y ácidos orgánicos tienen valores de permitividad entre 1,9 y 8 es sencillo estimar el valor necesario para la inductancia B1. En estos casos resulta estar entre 2,5 y 4,5 mHy dependiendo de las características del núcleo y del bobinado. En este sentido se encontró que los cables más apropiados tienen una sección de entre 0.01 y 01 mm y para el núcleo puede emplearse directamente aire o algún material ferromagnético como ser ferrite. La elección depende del tamaño que se quiera dar al oscilador completo, ya que en ambos casos la estabilidad en frecuencia que se logra es muy semejante.

Para obtener entonces el oscilador se construye un circuito impreso por medio de las técnicas habituales, como ya se indicó antes, y se coloca la plaqueta obtenida dentro de una caja metálica provista de una capa de un material aislante en sus paredes, para evitar en su interior cambios bruscos de temperatura. El circuito requiere de una fuente de 8 V, que para mayor comodidad se ubica externamente. La caja con el aislante tiene dos conectores BNC, uno para una conexión rígida con la celda y el otro para conectar al frecuencímetro.

La figura 4 muestra la ubicación de todos los componentes

individuales.

En estas condiciones se puede obtener un oscilador que con frecuencias de oscilación entre 150 y 200 KHz presenta variaciones de frecuencia que no superan los 20 Hz en períodos de varias horas de operación continuada.

Para calcular la permitividad se utilizan las siguientes ecuaciones, que surgen del siguiente razonamiento. Ya quedó expresado al comienzo que la permitividad resulta de cociente de capacidades  $\epsilon = C_{II} / C_v$  en el que es necesario introducir la capacidad residual que corresponde a todo aquello que no constituye estrictamente la parte de medición de la celda (espacios muertos, conexiones y cableado) y que se puede indicar como  $C_r$ . Por lo tanto esta ecuación se convierte en

$$\epsilon = C_{II} - C_r / C_v - C_r$$

ahora bien, cada uno de los valores de estas capacidades se puede convertir en el respectivo valor de frecuencia mediante la fórmula de Thomson, con lo que queda:

(teniendo en cuenta que  $\epsilon_p$  = permitividad del patrón empleado para determinar la capacidad residual)

$$\epsilon = \frac{\frac{1}{4\pi^2 f_{II}^2 L} - \frac{1}{(\epsilon_p - 1)} \left( \frac{\epsilon_p}{4\pi^2 f_{vp}^2 L} - \frac{1}{4\pi^2 f_{IIp}^2 L} \right)}{\frac{1}{4\pi^2 f_v^2 L} - \frac{1}{(\epsilon_p - 1)} \left( \frac{\epsilon_p}{4\pi^2 f_{vp}^2 L} - \frac{1}{4\pi^2 f_{IIp}^2 L} \right)}$$

donde se ve que los valores de la inductancia pueden ser simplificados, quedando una ecuación mucho más sencilla que contiene exclusivamente los valores de frecuencia correspondientes a la celda llena y vacía (subíndices ll y v) y la permitividad del patrón empleado para determinar la capacidad residual y que constituye una constante para el procedimiento. Generalmente se utiliza con este fin el benceno,  $\epsilon = 2,2727$ , o el tetracloruro de carbono,  $\epsilon = 2,2276$ .

$$\epsilon = \frac{\frac{1}{f_{ll}^2} - \frac{1}{(\epsilon_p - 1)} \left( \frac{\epsilon_p}{f_{vp}^2} - \frac{1}{f_{llp}^2} \right)}{\frac{1}{f_v^2} - \frac{1}{(\epsilon_p - 1)} \left( \frac{\epsilon_p}{f_{vp}^2} - \frac{1}{f_{llp}^2} \right)}$$

Como es natural los cálculos implicados en el empleo de esta ecuación pueden ser hechos sin dificultades mediante un programa de computación.

Para la determinación de la permitividad de un líquido que fluye, es necesario recurrir a un capacitor formado por dos o más placas paralelas. Estas pueden ser planas o cilíndricas, con una distancia suficiente entre ambas como para que el flujo sea laminar y aunque sea rápido no provoque variaciones en la temperatura por fricción con las paredes.

En el caso de capacitores planos, la geometría más adecuada es la rectangular, mientras que en el caso de cilíndricos deberán ser coaxiales. En ambos casos la separación entre placas no debe ser superior a los 5 mm, porque de ser así facilitaría la retención de burbujas de aire; ni inferior a los

0,5 mm porque el flujo resultaría extremadamente lento. En el primer caso la capacidad disminuiría en forma apreciable haciendo necesario ampliar las dimensiones más allá de lo razonable y práctico. En cuanto al segundo caso un espacio menor llevaría indefectiblemente a fricciones indeseables.

De todas maneras las dimensiones adecuadas del capacitor que actúa como celda pueden calcularse con bastante aproximación teniendo en cuenta que existen fórmulas, ya consagradas por el uso, que permiten calcular la capacidad de capacitores con las geometrías más diversas. Estas fórmulas pueden encontrarse en manuales como el HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS, editado anualmente por The Chemical Rubber Co. de U.S.A. y que se encuentra en todos los laboratorios de química y física. Específicamente para un capacitor plano se emplea:

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

mientras que para uno cilíndrico:

$$C = \frac{\epsilon A}{4\pi d}$$

donde C es la capacidad,  $\epsilon$  la permitividad del medio que se puede tomar como el aire e igual a la unidad, A es la superficie de las placas y d la distancia entre ellas.

De esta manera las dimensiones dependerán del valor de las



capacidades que se quieran medir. En este sentido la experiencia ha demostrado que para mediciones de alta sensibilidad en líquidos con permitividades entre 1,9 y 8 se requieren celdas con capacidades entre 20 y 200 picofaradios.

Teniendo en cuenta ahora la zona de frecuencias a la que resulta adecuado operar (entre 80 y 200 KHz), obtenida a través de los valores de inductancia calculados como se indicó anteriormente (2,5 a 4,5 mHy) y la capacidad eléctrica necesaria para obtener mediciones de permitividad en el rango deseado con la sensibilidad y precisión necesarias, resulta sencillo calcular las dimensiones de la celda de medición en cuanto a la superficie de sus placas y la separación entre las mismas.

Así por ejemplo, para una frecuencia de oscilación de 100kHz se requiere una inductancia de 4 mHy, lo que según la ya mencionada fórmula de Thomson indica una capacidad de 200 picofaradios. Entonces para lograr este valor en un capacitor plano con una separación entre placas de 2 mm, que es la adecuada para un flujo laminar sin dificultades, se requiere una superficie de placa de  $40 \text{ cm}^2$  y sus dimensiones más convenientes (largo y ancho) serían de 5 cm de ancho por 8 cm de largo (Figura 3 a). Si bien esta podría ser una situación ideal, la construcción de una celda de este tipo implica dificultades muy grandes, por lo que es preferible orientarse hacia las celdas de geometría cilíndrica. En ellas hay suficiente experiencia como para poder desarrollar un diseño de tamaño y forma adecuados.

En efecto, para el caso de un capacitor cilíndrico, con la misma separación entre placas, se requieren dos cilindros coaxiales de 7,6 y 8 cm de

diámetro y 10 cm de altura (Figura 3 b). En el caso de las celdas cilíndricas y para líquidos de baja viscosidad también se puede contemplar una estructura de tres cilindros coaxiales con lo que se aumenta la capacidad eléctrica de la celda y una apreciable disminución en el tamaño de las placas, como la indicada en la Figura 3 c.

A continuación se verán algunos valores de permitividad obtenidos mediante la celda de tres cilindros coaxiales de la Figura 3 c:

	Permitividad		
	$\text{CCl}_4$	Benceno	Tolueno
298,15 K	2,2279	2,2782	2,3800
303,15 K	2,2179	2,2677	2,3690
308,15 K	2,2079	2,2565	2,3558

En la figura 4 se puede observar la ubicación de la celda de medición 1 dentro del flujo de un fluido en el que se desea medir su constante dieléctrica. Dicha celda 1 se trata de una celda cilíndrica coaxial de dos componentes que se comunica a través de una caja de conexiones 2 con el circuito oscilador 3 de la presente invención indicándole el valor medido. El oscilador a su vez se conecta a una fuente de alimentación 4 y a un frecuencímetro 5. La caja de conexiones 2 se comunica con un multímetro 6 que junto con el frecuencímetro 5 se comunican a una computadora 7 que determina en forma continua, automatizada y en tiempo real el valor de la permitividad dieléctrica del fluido que atraviesa las placas paralelas de la celda de medición 1. El ingreso del fluido 8 al dispositivo de medición se ve afectado por un compresor de aire 9, previo a su ingreso a la celda de

medición 1. A la salida de la celda 1, el fluido continúa su movimiento generando la salida de aire 10. Todo el dispositivo de medición se encuentra contenido dentro de un mueble soporte 11.

El procedimiento para determinar la permitividad dieléctrica de un líquido en forma estática de la presente invención comprende las etapas de:

- determinar el valor de la inductancia necesaria para el circuito de la presente invención de tal manera que genere una frecuencia de oscilación dentro de valores que estén entre los 50 y 200 kHz,
- determinar la sección de los cables y la clase de núcleo a emplear en la inductancia de acuerdo con el valor encontrado,
- determinar el valor necesario de la capacidad de la celda de medición de tal manera que tanto en vacío como llena, el circuito oscile dentro del rango de frecuencias establecido,
- determinar la capacidad residual de la celda mediante el empleo de un líquido patrón adecuado,
- ajustar la temperatura de la celda mediante un sistema de termorregulación apropiado o bien determinar, por medición mediante un termistor colocado en la celda, la temperatura a la que está dicha celda tanto vacía como llena,
- hacer pasar el líquido por la celda de medición,
- registrar la temperatura a la que está la celda una vez que se alcanzó el equilibrio térmico,
- registrar los valores de frecuencia de la celda vacía y llena



---

mediante un frecuencímetro conectado a una computadora,

- establecer el valor de permitividad del fluido en tiempo real a través de cálculos efectuados por computadora mediante un programa previamente cargado, y
- comparar, mediante el programa cargado, el grado de coincidencia de la permitividad determinada con la esperada de acuerdo con valores de permitividad previamente almacenados .



## REIVINDICACIONES

1. Circuito oscilador para determinar la pureza de líquidos, puros o multicomponentes a partir de su permitividad dieléctrica en forma continua, en la región de permitividad estática, vinculado a una celda de medición la que es atravesada por el líquido cuya pureza se desea determinar, caracterizado porque en ausencia de capacitores patrón y micrométrico, dicha celda de medición tiene una capacidad en vacío de entre 150 y 200 pF, vinculándose a dicho circuito oscilador a través de una caja de conexiones la cual se vincula con dicho circuito a través de una inductancia determinada previamente en función de las permitividades a determinar, cuya sección de cables es de aproximadamente 0,01 a 0,1 mm y su núcleo es de aire o de un material ferromagnético, estando dicha celda y caja de conexiones conectadas ambas a la vez a un multímetro y dicho circuito oscilador conectado a un frecuencímetro, a la vez que dichos multímetro y frecuencímetro están conectados a una computadora.

2. El circuito de la reivindicación 1, caracterizado porque el rango de frecuencias de la región estática en el cual opera dicho circuito oscilador se encuentra por debajo de 1 MHz y preferentemente entre 10 y 200 KHz y más preferentemente en 100 KHz.

3. El circuito de la reivindicación 1, caracterizado porque el valor de la inductancia es de aproximadamente 2.5 a 4.5 mHy.

4. El circuito de la reivindicación 1, caracterizado porque el material ferromagnético es ferrite.

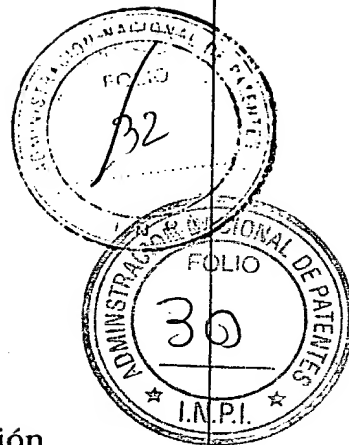
5. El circuito de la reivindicación 1, caracterizado porque las variaciones de frecuencia no superan los 20 Hz en varias horas de operación continua.

6. El circuito de la reivindicación 1, caracterizado porque dicha celda es de placas paralelas que pueden ser planas o cilíndricas, cuya separación de placas no sea superior a los 5 mm, ni inferior a los 0.5 mm.

7. El circuito de la reivindicación 1, caracterizado porque dicho circuito oscilador es del tipo RLC.

8. Procedimiento de medición para la determinación de la permitividad eléctrica para fluidos puros o multi-componentes utilizando el circuito oscilador de la reivindicación 1, caracterizado porque comprende:

- determinar el valor de la inductancia necesaria para el circuito de la presente invención de tal manera que genere una frecuencia de oscilación dentro de valores que estén entre los 50 y 200 kHz,
- determinar la sección de los cables y la clase de núcleo a emplear en la inductancia de acuerdo con el valor encontrado,
- determinar el valor necesario de la capacidad de la celda de medición de tal manera que tanto en vacío como llena, el circuito oscile dentro del rango de frecuencias establecido,
- determinar la capacidad residual de la celda mediante el empleo de un líquido patrón adecuado,
- ajustar la temperatura de la celda mediante un dispositivo de termorregulación o bien determinar, por medición mediante un termistor colocado en la celda, la temperatura a la que está dicha celda tanto vacía como

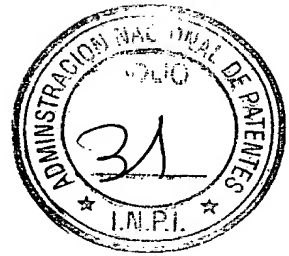


llena,

- hacer pasar el líquido por la celda de medición,
- registrar la temperatura a la que está la celda una vez que se alcanzó el equilibrio térmico,
- registrar los valores de frecuencia de la celda vacía y llena mediante un frecuencímetro conectado a una computadora,
- establecer el valor de permitividad del fluido en tiempo real a través de cálculos efectuados por computadora mediante un programa previamente cargado, y
- comparar, mediante el programa cargado, el grado de coincidencia de la permitividad determinada con la esperada de acuerdo con valores de permitividad previamente almacenados.

*[Signature]*  
P. G. DREUER (AG. 108)  
MARTIN GUERRINCO

*[Signature]*



### Resumen

La presente invención se relaciona con un circuito oscilador para determinar la pureza de líquidos, puros o multi-componentes a partir de su permitividad dieléctrica, en forma continua y por variación de frecuencia en la región de permitividad estática. El oscilador está conectado a una celda de medición estándar, a un frecuencímetro y a una fuente de alimentación. La característica excluyente es que el circuito carece de los habituales capacitores micrométrico y patrón y posee una inductancia previamente determinada para mayor precisión de la medición. De esta manera y trabajando en frecuencias de la región estática para evitar los fenómenos de relajación, se logra una medición en continuo y un grado de precisión en el proceso de medición nunca antes logrado.

También se divulga el procedimiento de medición que se lleva a cabo mediante dicho circuito.



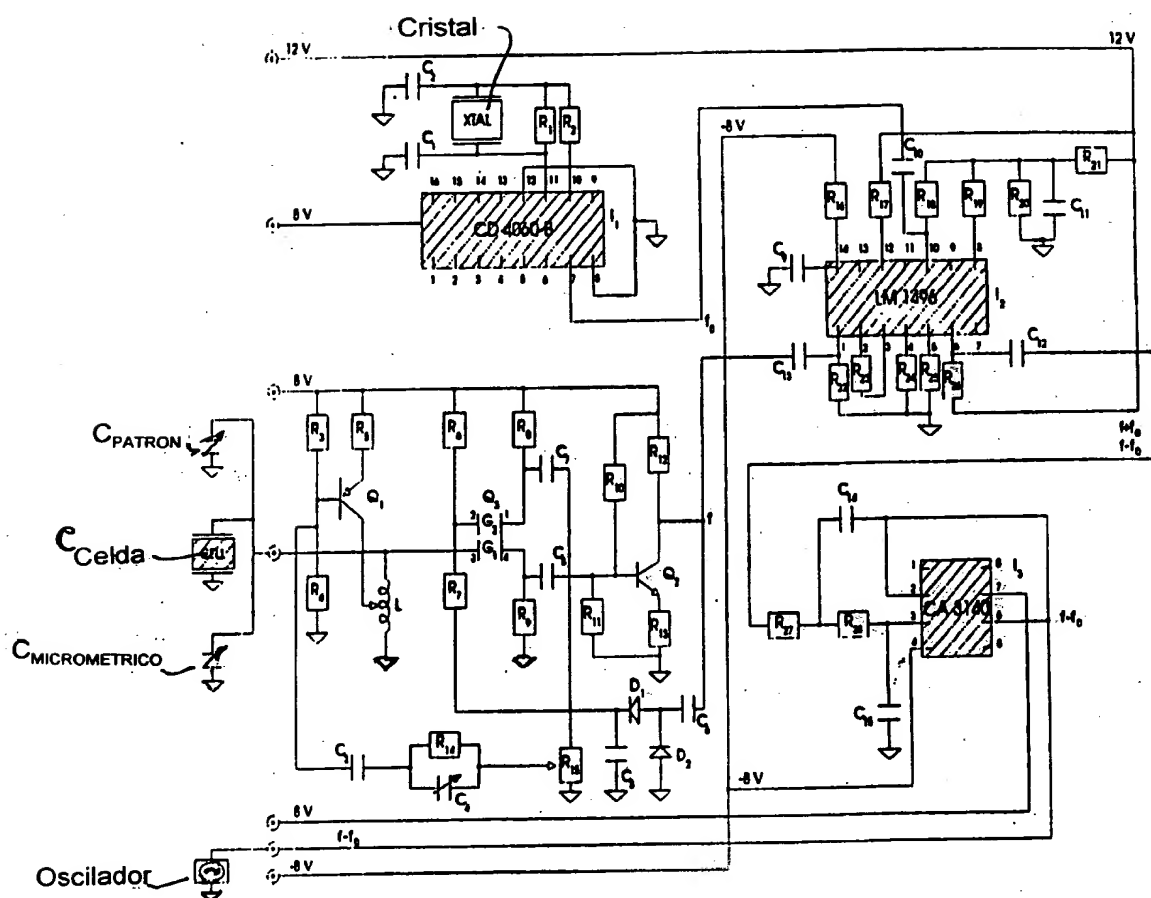


Figura 1

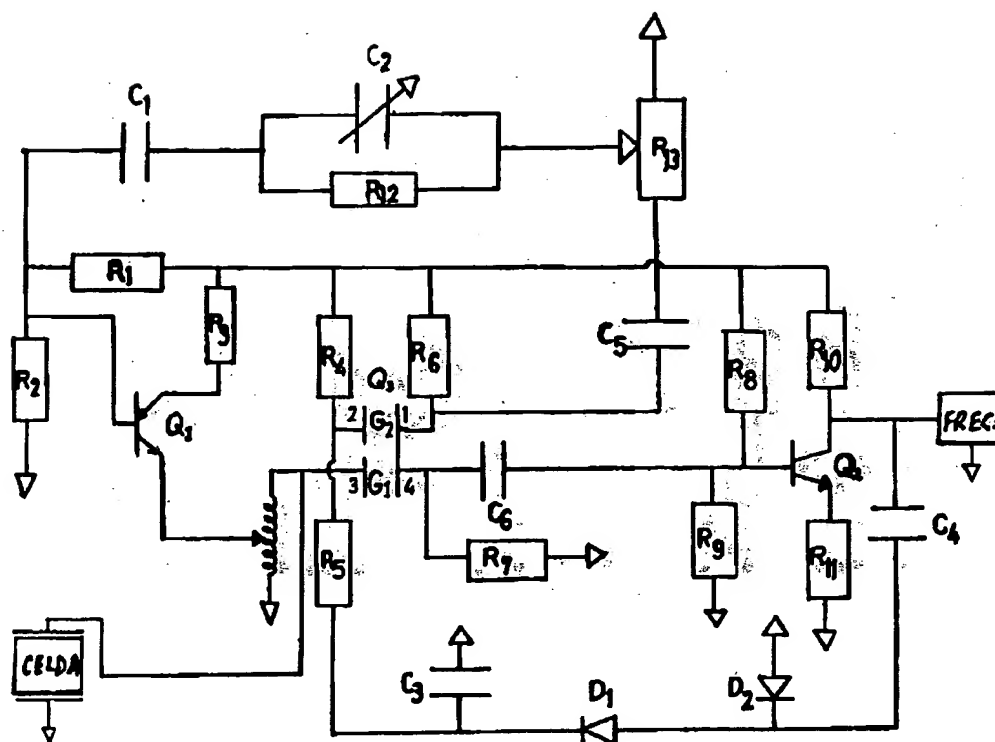
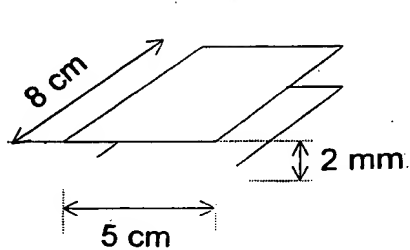
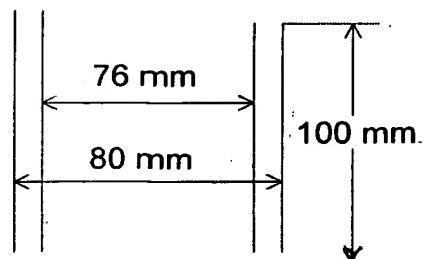


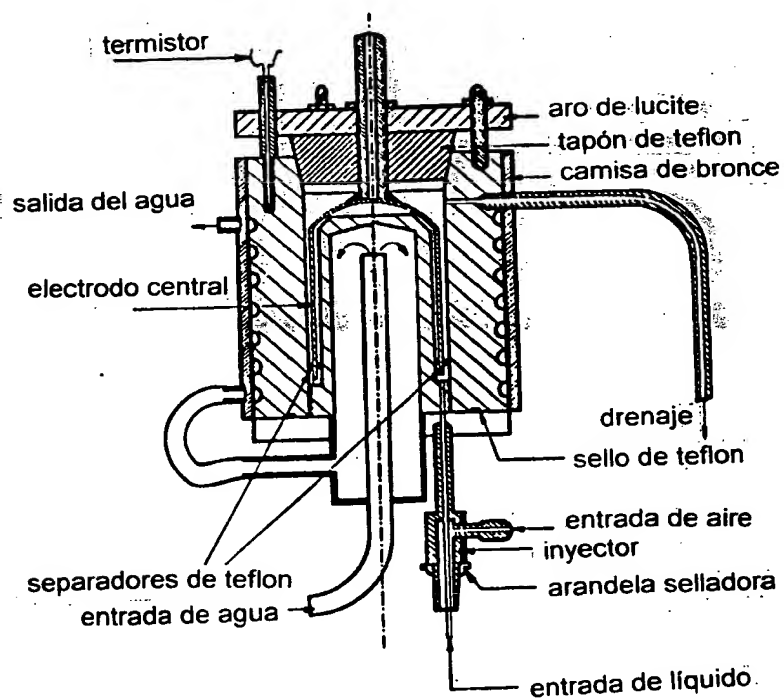
Figura 2



(a)



(b)



(c)

Figura 3

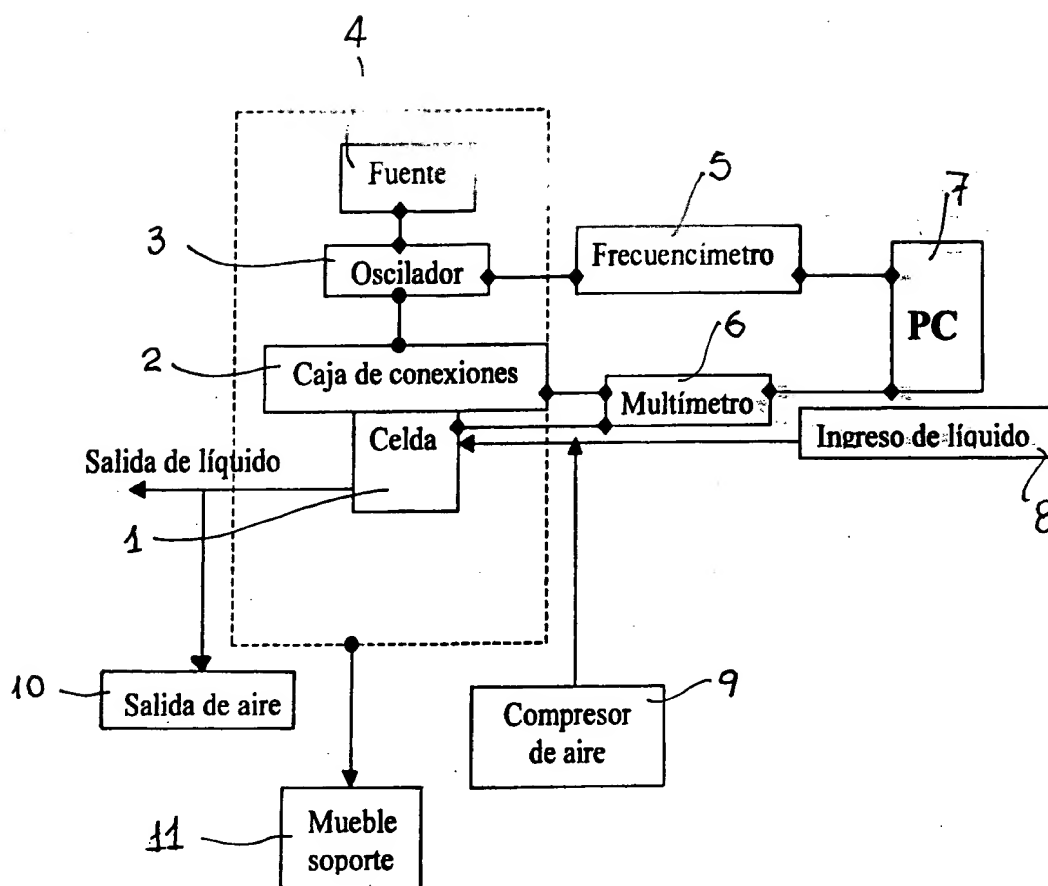


Figura 4

